# Verfahren zur Bestimmung der Position und Drehlage eines Objektes

Publication number: DE19812609

Publication date: 1999-10-28

Inventor: BRAUNECKER BERNHARD (CH); AEBISCHER BEAT

(CH); APPIUS RAPHAEL (CH)

Applicant: LEICA GEOSYSTEMS AG (CH)

Classification:

- international: G01B11/03; G01C15/00; G01S5/16; G01B11/03;

**G01C15/00; G01S5/00;** (IPC1-7): G01B11/03; A01C19/04; A61B19/00; F41A21/00; G01B11/24;

G01C5/00; G02B21/00

- european: G01C15/00; G01S5/16B

Application number: DE19981012609 19980323 Priority number(s): DE19981012609 19980323

Also published as:

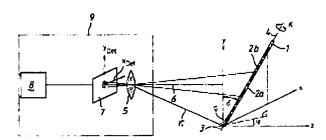
WO9949280 (A1)
EP1066497 (A1)
EP1066497 (A0)

CA2324220 (A1) EP1066497 (B1)

Report a data error here

## Abstract of **DE19812609**

The invention relates to a method for determining the spatial and rotational positions of an object (1). With the assistance of an imaging optical system (5), the object (1) is mapped and detected on a high-sensitivity resolution optoelectronic detector (7). The location parameter of the object (1), such as the position vector (r?0?), the direction vector (v) of the object axis (4), and the angle ( kappa ) of rotation of the object (1) around the object axis (4) is determined from the planar position of the mapped object structures (2a; 2b) in the coordinate system (xDet, yDet) of the detector (7) by means of geometric optical relationships and mathematical evaluation methods. With this, the spatial position of the object (1) is determined in a quick and contactless manner.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



® BUNDESREPUBLIK ® Patentschrift

**DEUTSCHLAND** 

PATENT. UND DEUTSCHES

MARKENAMI

<sub>®</sub> DE 198 12 609 C 2

(i) Akter...
(ii) Anmeldebag:
(iii) Gfanlegungsteg: Zo...
(iv) Veröffentlichungsteg
(der Petenterteilung: 13.12.2001 198 12 609.3-52

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

® Erfinder.

Int. Ct.?: G 01 B 11/03 G 01 C 5/00 A 61 B 19/00 F 41 A 21/00 **6** 

19812 609 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position und Drehlage eines Objektes im dreidimensionalen Raum entsprechend den Merkmalen im Ober-[0002] Die für die Effindung in Frage kommenden Ob-jekte sind vielfülig und in ihrer Funktion und Anwendung sehr umzerschändlich. Beispiele für solehe Objekte sind Ope-rationsmittenskope oder Operationswerkzeuge im medizim-schen Bereich, Nivellierlatten in der geodälisischen Vermes-

vellicriatten zur Bestimmung von Höhenfixpunkten und zur

sung, Geschitzrother im militatrischen Bereich oder auch Antennen, insbesondere Richt- und Radurmennen. Bino wichtige Rolle spielt bei derwärigen Objekten ihre Lige im Raum Diese ist in einem vorgegebenen Kondinatensystem vollsfändig durch sechs reelle Lagepenenneter bestimmt, die sich aus der Parmaetern für die Position (Hauslations-

Braunecker, Bernhard, Dr., Rebstein, CH; Aebischer, Beat, Heerbrugg, CH; Appius, Raphael, Berneck, CH

Für die Beurteilung der Patantfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriffen:

8

Stamer, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 36579 Wetzler

Wertreter:

Leice Geosystems AG, Heerbrugg, CH

(3) Petentinheber:

G. NAGY, A. FALSAFI: "Using Vanishing Points to

Locate Objects with six degrees on Freedon' in:
E.S. Gelseme, L.N. Kanel (Hrsg.), Patren
Recognition and Artificial intelligences.
Science Publishers, Amstardam 1988, S. (123-139,
H. S. STIEHL, H.R. KRATT: "Sichtsystem für Industrierbotte" in: Handburh der modernen Batenverschildung, 21.Jg. H.115, Forkel-Verlag, 1984,

Verfahren zur Bestimmung der Position und Drahlage eines Objektes

Vortehren zur Bastinmung der Position und Drahlage eines Objektes (1) mit bekannten Objektesfunkturun im dereidinnerstonalen Raum unter Verwendung eines optiseschen Metkeopfas (9, 9a, 9b, 9c) mit einen Abbildungsoptik (1), einem in zwer Obmanischen orstaufläsenden optibellungsoptik (1), einem in zwer Obmanischen orstaufläsenden optibellungsoptik (1), befandlich Teil des Objektes (1) auf einen Auswertweinfahrt und eine Auswertweinfahrt unter der mit Gescherfende der Abbildungsoptik (2), befandlich Teil des Objektes (1) auf den Derektor (7) abgebilders Objektes (1) die Lage und ober der Abbildungspellungs Objektes (1) abgebilders Objektes (1) abgebilders Objektes (1) abgebilders Objektes (1) als Lage und ober der Abbildungsspellungs objektes (2), but deren orstablängig verlierendes Abbildungsspellungs optik (6) die durch Lageparamste Deschrieberre Poeliton unddoors Dereiliges des Objektes (1) im Raum bestimmt und schrieberre Poeliton unddoors Dereiliges des Objektes (1) im Raum bestimmt geomerische Vektorgielokungs ermittett verden.

mitting der Lage zweier Ponkte auf dem Polygon kötmen anschließend die Translationsvariablen bestimmt werden. [0004] In der WO 95/27918 wird eine Anordnung zur Be-

was zu entsprechenden Abweichungen bei der Nivellierstimming der räumlichen Lage eines Operationsmikrosko-pes mit Hilfe von codierten Lichtzignalen beschrieben, die 50 von Leuchtdioden vorzugsweise im infraroten Berreich translatorisch bewegt und um drei Raumrichtungen gedreht 33 werden, so daß seine Lage im Raum beliebig eingestellt 8 S raumliche Lage des Operationsmikroskops bestimmt. Bei geliechzelig bekennter faunlicher Lage des Patientes sind somit die Koordinaten des durch das Operationsmikroskop betrachteten Operationsfieldes bekannt, was für die Mikroemitiert und von Lichturzeptoren empfangen werden. Ein Operationsmikroskop ist im allgemeinen kardamisch an ei-nem Arm aufgehängt und kam in drei Raumnichtungen skop angebracht werden. Die Lichtrezeptoren sind an ver-schiedenen Stellen im Raum angeordnet und empfangen die jeweils für sie spezifizierten Lichtsignale. Darsus wird die stimmten Stellen die Leuchtdieden oder Glasfasem ange-bracht, die mit Licht aus den Leuchtdieden gespeist werden. Alternativ können auch Reflektoren am Operationsmikrowerden kann. Auf dem Operationsmikroskop werden an be-

awing Geschutzobre im militariachen Barcicht oder auch Antennoa, ilse Antennoa, Antennoa, ilse A topographiachen Vermessung eingesert. Berns finder sie in der Burermassung und Werkeltwergebau Verwenin der Burermassung und im Verkeltwergebau Verwenden, Dabel wird sie Nivellieftate mit der Fernodurgite den Nivelliegerties anvisiert, um den Höhenunterschiel 
zwischen Nivelliegertie auf Nivellieftate au mesen. Bawird voraugesezt, daß die Nivelliefatte sentrecht zur optischen Achte des Fernrches ausgerichten ist. De die optische 
10 Achte des Permodus Bullechewsten in diene hartzunstan 
Bezen einjusiert wird, muß eine Bedienperson die Nivellierlatte mit Hilfe der daran augehachten Libellern mög-2

des Nivelliergerätes erfolgt, wird dabei aber nicht beachtet. Deswegen genügt als Detektor ein eindimensionales Dio-

genaue Libellenablesung des Bedieupersonals führt deshalb zu fehlerbehafteten Meßergebnissen. Nachträglich gibt es keine Möglichteit zu einer Fehlerforzusten. Zuden wird beuten oft nur einzige Bedienperson eingesetzt, die Nivelliergenit zur Nivelliermessung bedient. Die allein sie-bende Nivellierdate ist den Windverhältnissen ausgesetzt, stanzmessung. Der Schnitpunkt der optischen Achte des Nivelliergerätes mit einer verköppten Nivellierlatte liegt an Stelle als bei exakt senkrechter Ausrichtung der Nivellier-latte. Eine unzuweichend senkrechte Ausrichtung durch un-[0009] Aufgrund einer seitlichen Verkippung der Nivel-ierlatte entsteht ebenfalls ein Fehler in der Höhen- und Dieiner vom Pußpunkt der Nivellierlatte weiter entfernten

Bei einem Geschützrohr - und auch bei Richt- und Radarantemen gilt die folgende Ausführung in analoger Weiso – geht es in erster Linio darum, dessen Ausrichung im Raum festzustallen oder ein Schwenken des Geschiltrrohres in eine bestimmte vorgegebene Richtung zu bewir [0010]

BUNDESDRUCKEREI 10.01 201500/254/9

DE 19812 609 C 2

5

chirurgie unerläßlich ist.

~ 2 ken und zu messen. Mit Hilfs von Bocoden, die mit dem Geschtürzohr mechanisch verbunden sind, wird die borizon-iale und verfielde Whitekiellung (Azimu und Blewico) des Geschtürzohres gesteuert. Die Boooder enthalten in all-gemeinen kodente Drebschielben, die über ein Geriches beim Verschwenken des Geschtlürzohres eine Drebbewegung ausführen und dabei den Drehwinkeln entsprechende elektrische Signale liefern. Das mechanische Spiel ist bei derartigen Steuerungen nachteilig, Zudem führen die graßen Thermo- und Schockbelastungen zu Ungenaufgkeiten und zu erhöhtem Verschleiß.

zageben, mit dem die Position und die Drehlage eines Ob-jektes im dreidimensionalen Raum schnell und berührungs-Bs ist die Aufgabe der Ersindung, ein Verfahren an-

[0012] Die Aufgabe wird erfinchungsgemiß durch ein Ver-hehre mit den Merkmalen mach Ansprach 1 oder 2 gelöst. Vereilbufte Ausgestallungen, Weiterlijdungen und Anwen-dungen der Erfinchung ergeben sich aus den Unteranspr bestimmt werden kann.

Insection der Abbildangsoptik augeordnet ist. Das Objekt 25 [000 wird mit einem Objektundiumen durch die Abbildangsoptik und den Dezekror abgebildet. Die Objektundturwen sind als priori Information von vernherein bekannt. Die Objektundturwen sind als priori Information von vernherein bekannt. Die Objektundturwen sind als eine Ausmaße behablen oder sie kömnen Martierungera 20 unt bestimmten Stellen auf dem Objekt sein oder sie sind ein Codemusite, das auf dem Objekt sein oder sie sind ein Codemusite, das auf dem Objekt sein oder sie sind ein Codemusite, das auf dem Objekt sein oder sie sind ein dem Dezektor werditinnensional verliegende Blild des Objektstrukturen wird in einer an dem Dezektor gen × Der Meßkopf beinhaltet eine Abbildungsoptik und einen in zwei Dimensionen ortsauflösenden Detektor, der in der Fo-[0013] Zur Ermittlung der Position und Drehlage eines Objektes im Raum wird ein optischer Medicopf verwendet.

angenchiossenen Auswernechheit ausgewertet.

[0014] Es gib verschiedene Möglichkeiten filt die Auswernig der zweldimensionate Bildinkraniston. Zum einen kam das Bild das Objektes mit berechneten Bildem verglichen werden. Aus der bekannten Geometrie des Objektes oder aus vorhandenen Markenungen auf dem Objekt oder aus vorhandenen Codenuster auf dem Objekt oder aus einen die diesen Objektstrukturen zusammen kann unter Binbeziehung der bekannten Rigenschaften der Abbil-8 Squares, Quart. Apl. Math. 2 (1944), pp. 164-168 oder aus D. W. Marquardti "An Algorithm for Least-squares Batimation of Nonlinear Parameters" SIAM J. Appl. Math. 11 (1958), pp. 431-441 oder aus J. J. Moret. "The Levenberg-Marquard Algorithm: Implementation and Theory. Numerical Analysis, ed. G. A. Wanson, Lecture Notes in Mathematics 630, Springer Verlag (1978), pp. 105-116 bekamm 8 윰 4 vimalen Likelihood etc.), die aus K. Levenberg: "A method for the Solution of Certain non-linear Problems in Least 33 dangsopulk (und gegebenenfalls der Diskretisierung des ortsaufdbezoden Detektorn) für beliebige sinnvolle Wertse der eingangs genannten sechs Lageparatuster das zu erwartende Detektorbild berechnet werden. Mit Hilfe von Optimie rangeverfahren werden diejenigen Werte der Lageparameter bestimmt, die die beste oder zumindest eine hinreichzod gan Übereitssilmnung des bevechnene Bildes mit dem tat-stehlich aufgenommenen Bild liefern. Solche Optimierungsverfahren sich obeigeleweite die Quais-Newtoe-Verfahren (Bestimmung der minmalen Quadrate oder der ma-

sichtlich ihrer geometrischen Parameter zu analysieren und deraus die Lageparameter des Objektes zu bestimmen. Es werden also zunächst die ebene Position und Drehlage der 15] Bine andere Auswertemöglichkeit besteht darin, auf dem Detektor abgebildeten Objektstrukhuren hin-

(0016) Aus den ermittelten geonentsichen Parametern der dedekterten Objektrahtungen werden mit falle der optiechelschiedungspleichtung und geomenischen Beziehtung gen (Vektrontgehen) die Lageparameter des Objektes bean finnen. Durch die Lageparameter, die wie diegungs erwähnt den Persitionswekan, den Richtungswektern der Objektes beiballen, ist die frauhmitche Lage de Objektes, also dessen Ponition und Drehlage rekonstruier.

25 (0017) Selbstveratifichtich körnen die genarmten Auswertermöglichskeite auch mitelunder knohmisch werden. Beispielsweite kann eiter Gröbberimmung der Lageparmunter
durch eine grobe Auswertung der Raufskunten oder nar rungen wie beispielsweise für ein besonders schnelles Vor-liegen des Medergebnisses genfligt aber beteils die Auswer-ung von nur 3 dezodierten Cozelementen des Codemu-renn. Die Genaufgleit des MeBergebnisses ist dabei erwas eingeschräht Albernair bierzu können auch nur die abge-bildeten Randkonnuren des Objektes ausgewertet werden. gen eines Codemusters werden vorzugsweise komplett alle Codoelemeate des auf dem Detektor abgebildeten Codemusters verwender, da dadurch eine hobe Genauigkeit und vor allem eine große Robustheit und Stabilität des Auswer-ungsergebnisses erreicht werden kann. Pür andere Anfordeabgebildeten geometrischen Formen (z.B. Randkonturen) oder des Codemusters auf dem Detektor und der Verlauf des eich in Abhängigkeit der Detektonkoordinaten ändernden Abbildungsmaßstabes gemessen und ermittelt. Bei Vorlio 2 8

weniger Codeelemente erfolgen und sich eine Peinauswer-ung unter Einbeziehung der gesannten aufgenommenten Ob-glegenomter oder aller aufgeommersen Codelemente an-schließen. Pur der Feinauswertung können insbesondere auch die oben zindene Optimierungsverfahren berangezo-gen und hierfür die aus der Grobauswertung bestimmten Lageparameter als Startparameter für die Optimierung genutzt

stem bekannt. Das Koordinatensystem kann auch voo vom-berein so gewählt werden, daß es mit den Detektorksoordins-ten übereinstimmt. Es versicht sich von selbst, daß die Lage-parameier des Objektes in jedes belieblige sinnvolle Koordi-natezaystem ungerechnet werden können. Insbesondere kann die Drehlage des Objekts auch durch zwei Polarwinkel bestimmung des Objektes ein 3-dimensionales kartesisches Koordinatensystem gewählt. Die Koordinaten des Meßkop-fes und somit des Detektors eind in diesem Koordinatensyoder durch Azimut, Elevation und jeweils dem Drehwinkel des Objektes um die Drehachse oder auch durch drei Buler-[0018] Zweckmäßigerweise wird für die räumliche Lage

mensionales (CD-Array sein, Bs können aber auch mehrere nebeneinander angeordnete eindürnensionale (CD-Arrays verwendet werden. Mit einem solchen Detektor und mittels der Abbildungsoptik wird das Objekt aufgenommen. Dabei werden die im Gesfehtsfeld der Abbildungsoptik befindli-chen Objektsbrukten abgebildet und detektiert. Der Derek-ort ist debei mit seiner lichtempfindlichen Dezektur algemeinen senkrecht zur optischen Achse der Abbildungs-optik justiert. Der Schnittpunkt der optischen Achse mit der lichtempfindlichen Detektorflische kann den Nullpunkt des winkel angegeben werden.

1010) Pur die Befindung ist ein in zwei Dimansionen ortsunfösender optoelektronischer Detekton notwendig. Dieser
kann beispielsweise eine Vidioonkamen oder ein zweich-Koordinatensystems des Detektors definieren.

10020] Bei Verwendung eines CCD-Detektors mit diskreten lichtempfindlichen Pixelstrukhuren kann mit geeigneten Objektstrukturen, insbesondere mit geeigneten Strukturen eines Codemusters die örtliche Auflösung des CCD-Detektors noch erheblich gesteigert werden. Dabei ist mehr als das

8

susann act as underrequent Octoporate and E. Lage des 15 agenic Orative para stark findert. Somit kann die Lage des 15 aggebildeten Codemusters suf dem Detektor hochprütise varienssen werden. De eine Anderung der Dierkagenungsmussen werden. De eine Anderung der Position und Drehlage des 10 beleites hervogentien wird, werden also die Lageparame- ter des Objektes im Raum sehr empfindlich und damli hoch. 20 1 bekamt, daß sie sehr empfladlich auf eine Verschiebung der sie erzeugenden Strukturen reggieren. Dies bekaust hier, daß bereit sie bei einer sehr geringen Versüderung der Intensi-disverteilung auf dem Denktor gegenüber dessen Ptrai-struktur sich das niederfrequente Überlagerungsmuster in vorgandrenen Interstütsverteilung mit der Ortsgundfre-quenz der strahlungseungindlichen Strukturen des Denk-ners im inderdregueiter Überlagenungsmuster bildet. Das in inderdreguente Überlagerungsmuster wirkt in derreichen Art und Weise wie ein Moirdnuster. Von Moirdnustern ist quenzen der durch das Codemuster auf dem Detektor ber-vorgenufenen Intenstätsverteilung mit der Ortsgrundfre-10-fache der Pixelaufibsung des Detektors erreichbar. Die besondere Meßempfindlichkeit ergibt sich, werm die Ortsgrundfrequenz oder eine der harmonischen Ortsoberfre-

rechten ermitteli und in einer entsyrechenden Korrektur für die Niveilierrnessung berfotzichtigt. Diese Korrektur er obga automatisch bei jeder Niveiliernessung. Damit kann sogar eine vorberige Ausichtung der Niveilierfalme ental-len. Dadurch wird eine schnelle und präzier Geländevermessung mit nur einer einzigen Bedieaperson und auch un abbings von den Windverblimssen ernsbilcht. Wird darüber hinzu in gegebeneo Pull auch der Drabwinted der Niwällerlatte um ihr Achse bestimmt – ein geeignetes Codemuster oder bestimmte Markierungen vorausgesetzt -, so ergibt sich damit bei einem ortaveründerlichen Meßkopf automatisch auch dessen Anvinierrichtung.

mustern ausgestattet werden, Sollen nur Blevation und Azi-nut des Geschützrohres ermittelt werden, so genügt bereits ein zur Längsachse des Geschützrohres rotationssymmetriaufgebracht, so kann zusätzlich dessen Drebwinkel um seins Achse bestimmt werden. Die Codestriche können dabei auch stochastisch ausgerichtet sein. Auch können Kombina-[0022] Ist das Objekt ein Geschlützrohr, so kann dieses analog zum Fall der Nivellierlatte mit verschiedenen Codesches Codemuster oder nur die Randkontur des Geschützrohres. Wird zusätzlich ein Codemuster mit zur Längsachse parallel ausgerichteten Codestrichen auf das Geschützrohr tionen dieser Codemuster verwendet werden, bei denen sich Segmente mit parallelen oder stochastischen Codestrichen Vorteilhaft ist auch ein um das Geschützrohr spiralbring aufgewickeltes Codemuster, mit dem etwa gleiche Empfindlichkeit für den Richtungsvektor der Ge- B. Segmente mit rotationssymmetrischen Coderingen und schützrohrachse und den Drebwinkel des Geschützrohres

um seine Achse erreicht werden kann. Es kann aber auch ein Codemuster mit einer vollkommen unregelmf
ßigen Struktur verwendet werden, wie sie beispielsweise militärische Tammuster besitzen. Entscheidend für alle Codemuster ist, daß sie entweder von sich aus bekannt sind oder durch eine Vermessung ermittelt werden, Vorteilhaft sind dabei solche Codemuster, für die Korrelationsverfahren leicht anwendbar

interpret verden, z. B. mit inferrotora Litch. Das Geschlürrich in berchtet werden, z. B. mit inferrotora Litch. Das Geschlürrotu bzw. das sufgebrachte Oxformsierz können auch selbstlitchet werden, z. B. mit inferrotora Litch. Das Geschlürberchet werden, z. B. mit inferrotora Litch. Das Geschlürsight gergel verden in da keinerden in erkanische bewegliche
sich der große Verdirit, dal keinerde in enchanische bewegliche
schapen zur Bestimmung von Azimut, Elevation und
och. 20 Derbwinkel des Geschlürzohres notwerdig sind. Diese berihmungslose Vermossung lähft sehnell ab und liefert pritzias
Bigebrinse.

10024] Ist das Objekt ein im medizinischen Untield – insbezondere in der automatsierten Mitrochiungie – eingebezondere in der automatsierten Mitrochiungie – eingebezondere, in der automatsierten Mitrochiungie – eingehundlung, so muß eine gute Sichhalungsquelle zur Punorbehundlung, so muß eine gute Sichhalungsquelle zur Punorbehundlung so muß eine gute Sichhalungsquelle zur Punorbe-[0023] Mittels der Abbildungsoptik werden die Konturen des Geschiftzrohres oderfund das Codemuster aufgenom-nen und die Drehlage des Geschiftzrohres berührungskos ermittelt. Gegebenenfalls kunn das Geschützrohr aktiv bo-2

oen oder instrumenten zeitweitig verdeckt und die Blidsrichtung zum Meßkopf unterbrochen werden. Soll uuter die
sen Bedingungen und wert stündig die ritumliche Lage des Hillismittels gemassen werden, so ist en nitzlich, wenn sich die
33 von dem Meßkopf zu erfassenden Objektstrukturen an einer
exponierten Stelle des Hillsmittels befinden, damit sie möglichst qui in freier Bilderichtung zum Meßkopf lasgen. Bei
Verwachung eines Codennaters kam ein solches dabei auch
en mehreren Stellen des Hillsmittels aufgebracht sein oder
en stems negart die gesanter Oberfläche des Hilfsmittels noch
decken. Der Meßkopf kam für eine optimale Arthrähme
ritumlich beweglich zein oder en werden vorzugsweise mehrere im Raum verteilt angeordnete Meßköpfe gleichzeitig verwendet. Die Redundanz der von mehreren Meßköpfen gelieferten Regebnisse erfüllt zudem die im medizinischen Bereich gestellte Forderung nach besonderer Gerütsnicher-8 \$

beit. [0025] In übrigen kann das Objekt auch der Patient selbst sein, d. h. genauer ein mit dem Patienten fest verbundener 20 Rahmen, der des Koordinatensystem des Patienten definiert. Gerade bei Operationen von Tumoren im Gehim wird ein solcher Rahmen am Kopf des Patienten fixiert, wobei die räumliche Lage des Tumors bezüglich des Rahmens z. B. durch vorhenge Computertomographie-Aufnahmen ermit-telt wird. Werden die geometrischen Strukturen des Rah-mens oder die auf dem Rahmen aufgebrachten Codemuster des Rahmens bestirmnt, so sind die Koordinaten des Turnors auch im Koordinatensystem der Meßköpfb bekannt. Da zu-dem auch die räumliche Lage des Operationsmikroskops gestellt wird, kann eine endoskopische Navigation durch von den Meßköpfen aufgenommen und die räumliche Lage und der Operationswerkzeuge mit Hilfe der Meßköpfe festdas Gebirn zum Tumor vollautomatisch erfolgen. a 8

mit einem zu verwendenden Codemustær versehen 1888 oder das Objekt beræits als fertiges Bauteil vortiegt. In solchen Fällen besteht die Möglichkeit, einen mit einem Codemustæ [0026] Bei allen genannten Anwendungsbeispielen der Erstnehung kann es vorkommen, daß sich ein Objekt schlecht

8

[0027] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der 10 2 Erfindung anhand der Zeichmung näber erläutert. Bs zeigt: [0028] Flg. 1 eine schematische Darstellung der Drehlage cines mit einem Codemuster versehenen Objekts und der Aufnahme der Objektsrukturen durch einen Meßkopf mit einem optischen Abbildungssystem und einem ortsauffösen-

[0031] Fig. 4 cine schematische Darvellung eines als mo-dizinisches Hilfernittet ausgebildeten Objekts und dessen Aufhahme durten Beklepfe den (10031) Fig. 5a, b separate, mit einem Codemuster verse-beze Kirper, die en den zu vermessenden Objekt auge-

(chos) in der lichtempflichen Detekrorbene des De-lektors 7 ist ein Koordinateusystem x.e., yoe, definiert, wo-bei dessen Koordinatennullpunkt in Schnittpunkt der opti- 20 o echen Achtes 6 dar Abbildangsophik 5 mit der Detekturebare gewählt ist. Die stenkrecht zur Detektorebene angeordnete optische Achtes 6 ist parallet zur z-Achtes des Kondinatersystemen x, y. z. ausgenichtet. In Palle einer horizoniteiren abbildangsophik 5 ist die y-Achtes ausgelicht die Seakreche 31 zur Brübberfliche, Selbstverständlich künnen auch andere 1 Koordinatensysteme verwendet werden. 10036] Die Lago des Objektes 1 im Raum ist durch sechs

Komponenten des Positionsvektors ro, den Komponenten 60 Pußpunkt 3 des Objektes 1. Der Richtungsvektor v weist in eine Richtung der Objektschso 4 und gibt somit deren Lage im Raum an. Anstelle des Richtungsvektors v kann die Lage des Richungsvektors V, der wegen seiner Bigenschaft als Binderkoeken eur zwei unabhigge Parameter entbält, und dem Drehwinkelt w des Objektes I um seine Arbes 4. Der Positionsvektor T<sub>G</sub> zeigt von der Abbildungsoptik 5 zum Objektachse 4 auch durch den von der vertikalen yadeutig bestimmt. Sie ergeben sich aus den

aus geneesen werden, die vom Positionavektur  $\overline{r}_0$  und vom Mchungsvektor  $\overline{v}_0$  aufgespann wird. Somi ist die vollsifadige Drehlage des Objektes 1 bentimm. [1037] Die Lagsparameter des Objektes 1 werden erfindungsgennäß aus der ebezen Lage und der lekelen Verzeichmuster 2b kann der Drebwinkel k um die Objekrachse 4 er-5 mittelt werden. Der Drebwinkel k kann z. B. von der Bbene aus gemessenen borizontalen Winkel o beschrieben werden. Bei eindeutigen Objektkonturen 2a oder eindeutigem Code-Achse ans gemessenen Winkel 8 und den von der y-z-Bbene

nung der auf dem Detektor 7 talgebildeten Öbjektstrukturen 2a, 2b bestimmt. Je nach Größe der Polarwinkel (φ, δ) und des Ponkionsvorkors är, verbindem sich die in Fig. 1 schoms-tisch dangestellte Lage und Verzeichnung der Öbjektstruktu-ren 2a, 2b auf dem Detektor 7.

den Detektor.

10038] Hierzu in Schematisch Darnellung von Denkronnen des Objekts bei verschiedenen Potheren Potentriebn (q., 8) auf dem Constitution of the Spiece Schematisch Darnellung geometrieben. Deutsch Tgezeigt Jede der augestellten Linion in Detektor (10030) Fig. 3 eine Darstellung geometrieben. Deutschrift der Objekts, deine schematische Darnellung eines als meditorieben Volgekts.

Par Polarvinier (q., 8), Die einzelnen Codeclorance einen des Spiece S

Posture and the communication of the communication of the confidence of the confiden mit dargestellt

edition coordinates to wreather sets. Due to hydratonismus defined to cocromisate 2b and canvecter vow worthered becamen oder sie werden vermessen, so daß sich GictGo.

Form und der Neband der Debaild und Objektionismus 2b vom der Absand der Absand der Debailder ob Objektionismus 2b vom der Geschunsters 2b zum der Objektionismus 2b zusätzlich rotationsymmerisch zu Objektionismus 2b zusätzlich zu der Diplektionischen zu dem Objektionischen Zusätzlich zu der Zusätzlich zusätzlich zu der Zusätzlich zu zu zusätzlich zu zu zusätzlich zu zu zusätzlich zu zusätzlich zu zusätzlich zu zusätzlich zu zu zusätzlich zu zu zusät

durin the Carl Topianist a Constitution and authority of the Positions Vedora (Cotelement des Cotelement des Cotelements des Deuts des Deuts des Deuts des Deuts des Cotelements des Deuts des Deuts des Cotelements des Deuts des Deuts des Deuts des Deuts des Cotelements des Deuts des Pauls des Pauls des Deuts des Deuts des Pauls des Pauls des Deuts des Deuts des Pauls des Pauls des Deuts deuts des Pauls des Pauls des Deuts deuts des Paux deuts des Paux deuts des Paux deuts deuts des Paux deuts des Paux deuts deuts des Paux deuts des Paux deuts deuts des Paux deuts deuts des Paux deuts deuts des Paux deuts deut [0041] Hierau ist in Fig. 3 die geometrische Siunaion dar-gestlik Und erst Futzip kluter darzustlicht, wird die Dicke des Objeken I außer Acht gelassen. Der Anziehundt kann dam mit dem Fußpunkt 3 zusammenfallen und beide sind 8

[00042] In einem ersten Fall soll der Positionsvektor ro von

I gegeneinander unverfloderlich sind. Der Positionsvektor To kam durch eine einfache mechanische Mussung oder bei 5 biberen Anfordenzugen auch durch eine Laservennessung oder durch eine Kalibriernessung, bei der sich das Objekt 1 in einer vorbekamnten räumlichen Lage befindet, ermittelt werden. Eine solder gegensteltge Fürenug von Meßkopf 9 und Objekt 1 kam beziptalsweise bei einem Grechlürzohr 10 aus Objekt 1 der Fall sein, Mit dem bekannten Positionsvekt-tor Te werden die Polarwinkel (φ, δ) des Geschlürzohres ermittelt, wodurch dieses in eine vorgegebene Drehlage ge-bracht oder eingeregelt werden kann. Innerhalb des Schwenkbereichs des Geschltzrohres muß das Codemuster der Abbildungsoptik  $\xi$  zum Fußpunkt 3 des Objekts 1 vorgegeben sein. Der vorgegebene Positionsvektor  $\vec{r}_0$  bedeutet, daß die Abbildungsoptik  $\xi$  und der Fußpunkt 3 des Objekts 2 wenigstens zu einem Teil von der Abbildungsoptik 5 er-

(0043) Aus den nachfolgenden Gleichungen wird der Abstand Mögl der Abbildungsoptik 5 zum i-ten Codeelement des Codemusters 2 ermittelt, wobei faßt werden können.

8 = f · c - p

und č. der Einheitsvektor in positiver z-Richtung ist. Der Vektor či ist somit bekannt, wilhrend A, der zu bestimmende 25 « Multiplikationsfaktor ist. Es gilt die Vektorgleichung

L= 14 · Q- - Fo

[0044] Durch die Bildung des Betragsquadrats ergibt sich 30 die folgende quadratische Gleichung für Å:

 $\vec{G}_0l^2 \cdot \lambda_1^2 - 2 \cdot (\vec{r}_0 \cdot \vec{G}_1) \cdot \lambda_1 + |\vec{r}_0l^2 - |\vec{L}_1|^2 = 0.$ 

[0045] Somit ght es für A, zwei Lösungen, die in Fig. 3 st anschaulich durch die beiden Schnittpunkte des gestrichel gezeichnen Kreisbogens mit der Beobesthungsrichung die zum 'eien Codeslement dargestellt sind. Die Eindeutigkeit der Lösung wird durch die Verzerung des i-ten Codeslements auf dem Dezktor 7 festgestellt. Die Verzerung be- nents auf dem Dezktor 7 festgestellt. Die Verzerung be- schreit die Abweichung der Form des abgebildenen Codeslements (oder gezerzell das Objektes 1) gegenüber seiner Form, die es bei der "Nullstellung" (Polarwinkel q- e0 und 8 × 8

To the Collected Desire.

10046) Aufgrand des aus den obigen Gleichungen cruit.

10047) Rig Arg Stag schematisch ab Collection and der and the der and der Objett I ein Fillsmit en den der deter Ramitale Positions des Veltors [7].

1004 March gen Codesiementes zur Berechnung der Polarwinkel (q. 8).
Die Genautgkeit der Polarwinkelberechnung kann natültich durch die Einbezinkung mehrerer Codesiemente des Code 33 musters 2b westenlich erbött werden. Ist zudern ein bezäße, lich des Drehwinkels κ eindeutiges Codemuster 2b auf dem Objekt aufgebereht, no kenn augleich auch der Drehwinkels κ des Objektes 1 um seine Achse 4 aus dem abgehölteten Codemuster 2b bestimmt werden. Somit ist die gesamte 60 Drehlage des Objektes 1 schnell, präzise und berührungslos

[0047] In einem weitergebenden zweiten Fall sollen der Meßtogf 9 und das Objekt 1 räumlich gegeneinander variabel seit. Dann ist neben der Drehlage auch der Positions-vektor 70 unbekennt. Die zusätzliche Bestimmung des Pestionsrupanstr, pit insbesondene bei einer Nivallieratiat, einem Operationswerkzustug

spant 3 der Nivellierlatib - sogar die eigenlich inderestierende Meßgrdee, Wird ragleich each and der Schehungsvektor V
der von der existen Sentreoriten setzt erwis abweichender
Nivellierlaute ermittelt, so hat dies die weiter oben gerannten verstlinken Auswirkungen auf die Geranglieit der Ni10 velliermessung und die Handhabung beim Nivelliervorgang. Dabei kam sogar bewulß auf eine sentrechte Ausrichtung der Nivellierlatte versträchter werden und die Anbringung edere Libelie en die Nivellierlaute kann enträllen.
Bei den genannten merktränischen Hilfwnitteln für die Diegnose, Therstip oder Operation sehleißtlich ist die Kemmis
des Postitoarsveltors T.e. des Richtungsvektors V und des
Drehwinkels scheichermaßen von Bedeutung.

2 ung diehzbrätigen Bestrümmung von 5 und des
Groß zu geleichsrätigen Bestrümmung von 5 und des
ditt est im Prinzit, aus dem auf dem Detektor 7 abgebülde20 ten Codemuster 2b nur drei Codeelemente augmenfalt, deals Objekt 1 essentiell (und kann natürlich auch bei dem oben genannten Geschützrohr erfolgen). Bei Nivelliermesnungen ist der Positionsvektor  $\vec{r}_0$  – insbesondere der Abstrand  $Z_0$  und die Höhe H der Abbildungsoptik 5 zum Fuß-2 2

mente die durch die obigen Gleichungen beschriebene Vek-tormathematik anzuwenden. ren Code-Nummern i zu bestimmen und auf diese Codeele 8

charles are a second to the consultation of the charles of the cha Derüber himsus können auch aus der Mathematik allgemein bekannts Schläter. und Anagischsverfinden edigesetzt wer-den. Auch mit Hilfs von Identionsverfahren und ilbnitischen mathematischen Metboden können die obtigen Wektorgleiben und die beschriebene Vektormathematik anzuwenden

[0050] Anstalle der Codeelemente des Codemusters 2b körnen auch Details von Objektkonturen 2a oder Menkiorungen auf dem Objekt 1 in analoger Weise ausgewertet chungen gelöst werden. [0050] Anstelle der C

werden.

[1051] Vereilhafraweie können die so ernitalten Lage[1052] Vereilhafraweie können die so ernitalten Lageparumeter des Objektes 1 in nachtötgende Optimierungsverishren eingesenzt und dachren noch genauer bestimmt werden. Dabei werden die Lageparameter no lange varliert, bis
des sus den Lageparameter nen erschnere Dange varliert, bis
des sus den Lageparametern erschnere Deutschröftli der
Objektsrutkmen 2a. Zb. optimal mit der unskehlich derektierten Bildinformation übereinstimmt. Prinzipiell können

Position des Objektes 1 wird beispidsweise mit Hilfe eines Schwenkurnes 10 veründert. Zudem ist das Objekt 1 an ei-nem Drehpunkt 3 in den drei Wintelu o. 8, s. k. derbber an Schwenkurn 10 gelagert, so daß such seine Drehlage beili-big eingestellt werden Ram. Somit kann des Objekt 1 - bei-spielsweise bei einer Gehimoperation – in eine beliebige erforderliche rähmliche Lage am Kopf des Patienten gebracht 8

9a, 9b, 9c aufgenommen und aus den Objektstrukturen Za, 2b genauß den öbigen Gleichnigen oder mit Hils der Opti-nierungsmethoden ausgewentet werden. Aus Redandama-gründen und wegen der nubglichen Verdeckung de Objekt-Dabei kann das Objekt 1 von mehreren McBköpfen [0023] 3

# Patentansprüche

stigt sein (Plg. 5b).

1. Verfahren zur Bentimmung dur Position und Dreblage eines Objekter (1) mit beknamen Objektstrukturen 30 inn derikturanisonalen Raum unter Verwendung eines optischen Meßkopites (3, 19, 19, 19, 11) mit einer Abbildungspeit (8), einem in zwel Dimensionen ortsauflichen optischen Dreiten (1) unt einer Abbildungspeit (8), einem in zwel Dimensionen ortsauflichen optische Unter Dimensionen ortsauflichen ober der Inn Gesichnsfeld der 30 Abbildungspeit (8), evolei der Inn Gesichnsfeld der 30 Abbildungspeit (9) befallsing Platen der Auswentenirch und die detektiert (7) abgebildet und derbeitert virt, das durft geftempelieten Objektes (1) die Lage und dort for Verkung for abgebildeten Objektes (1) die durch Lageparameter beschriebene Position und den Abbildungseigenschaften der Abbildungsreik (5) die durch Lageparameter beschriebene Position und oder Urchlage der Objekt (1) in Raum bestimm wirt, woch Gir Lageparameter unter Zuhlifenahm geome-tircher Vektorgleichungen ermittett werden.

2. Verfahren zur Bestimmung der Prektion und Drehinge eines Objektes (1) mit bekannten Objektsrukturen
in dreikinnenstonialen Raum unter Verwentung eines
optischen Melkopfen (9, 9a, 9b, 9c) mit einer Abbildangsoptik (5), einem in zwei Dimenaionen ortsauffb. 8s
senden optoektermitischen Deuektor (7) und einer Auswertesiarrichtung (9b, wobei der im Gesichnsfeld der
Abbildungsoptik (5) befrudiche Tiel des Objektes (1)
auf den Dezektor (7) abgebildet und dezektiort wird und die detektierte Bildinformation der Auswerteeinrichtung (8) zugeführt wird, dachrich gekemzeichnet, daß (1) die Lage und/oder der Verlauf der abgebildeten Objektstrukturen (2a, 2b) auf dem Detektor (7) ermittelt in der Auswerteeinrichbung (8) zumindest von einem Teil des auf dem Detektor (7) abgebildeten Objektes

parameter mit Hilfe von mathematischen Optimie-rungsmethoden so variiert werden, daß das daraus berechnete Detektorbild optimal oder zumindest hinrei-chend gut mit der detektierten Bildinformation des Ob-jektes (1) übereinstimmt. Objektes (1) im Raum bestimmt wird, wobei die Lage

Verfahren nach Anspruch I oder 2. dadurch gekenn-zeichnet, daß die Objektstrukturen die geometrische Form (2a) des Objekts (1) oder Markierungen auf dem

Objekt (1) sind.

4. Verfairen nach Anspruch I oder 2, dadurch geleemscrieben, daß die Objektnuchturen ein auf dem Objekt (1) angebrachter Commuser (2k) sind.

5. Verfairen nach Anspruch I oder 2, dadurch geleemzeichnet, daß die Objektserukturen als Codemuster (2k) auf einem mit dem Objekt (1) merbannet verhindbauf einem mit dem Objekt (1) merbannet verhindbauf einem mit dem Objekt (2).

ren separatea Körper (1a) aufgebracht sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichert, das Inchruch in einem Codemuster (2b) verwehene mit einem Codemuster (2b) verwehene Kürper (1a) verwerdet und mit dem Objekt (1) mochanisch verbunden werden.

7. Verfahren med einem der vorhergebenden Anaprüch, dahrur gekannzeichner, die die Objekt (1) ober
und der Körper (1a) oberförmig ausgehilden inn.

8. Verfahren men Anspruch 7, dachurch gekennzeichest, dieß der Objektsundiuren (Za. Zb) rottsiconssymmetrisch zur Längsachne des Objekts (1) oderfund des
Kürpers (1a) ausgebildet sind.

9. Verfairen nach Angruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Objekstruthuren (2s. 2b) abwechsehnd rotationssymmetrisch und parallel zur Längsachte des
Objeks (1) oderhund des Kürpers (18) ausgehilder sind.
10. Verfahren nach einem der Angreitche 1 bis 7, dadurch gekennzeichner, daß die Objekstruthuren (2s.,
2b) spiralförnig ausgebilder sind.
11. Verfahren nach einem der Angreitche 1 bis 7, dadurch gekennzeichner, daß die Objekstruthuren (2s.,
2b) vellüconnen den die Objekstruthuren (2s.,
2b) vellüconnen urrogefinalligt, aber hinrichtlich ihrer
Lage auf dem Objekt (1) oder/und auf dem Kürper (1a)

didduit gind.

13. Verfahren auch einem der vorberigen Ansychen, dedurch gekennzeichnet, daß zur Verbenserung der Mießgenaufgetei die Ortsigundfrequenz oder eine harmonische Ortsoberfrequenz der von den Objektstrukturen (2a. 2b) auf dem Derktur (7) erzeutgen Internitätisverteilung mit der Ortsopundfrequenz der stahlungeverteilung mit der Ortsopundfrequenz der stahlungeverteilung mit der Ortsopundfrequenz der stahlungerensphalteten Strukturen des Derekture (7) ein niederfrequenze Oberlagerungsmuster bildet.

13. Verfahren nach einem der vorbergebenden Ansprücke, dahnurb gekennzeichnet, daß das Objekt (1) beleuchter wird oder daß das Objekt (1) oder die Objektsrukturen (2a. 2b) selbelteuchtund sind.

sprliche, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig mehrere opdische Meßköpfe (9, 9a, 9b, 9c) zur räumli-chen Lagebestimmung eines Objektes (1) oder mehre-

rer Objekte (1) verwendet wenden. 15. Verfahren nach einem der vorbergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die die Position und/oder Drehlage des Objekts (1) beschreibenden Le-geparameter in ein übergeordnetes Koordinatensystem

bergebenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Objekt (1) ein in der medizinischen Diagnostik, Derapie oder bei Operationen eingesetztes Hilfamittel 16. Anwendung des Verfahrens nach einem der vor-

Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 16, da

wird und darnus zusammen mit den Abbildungseigen-schaften der Abbildungsoptik (5) die durch Lagepara-moter beschriebene Position und/oder Drehlage des

# DE 198 12 609 C 2

14

consnikroskop, ein Operationwerkzeug, ein mit einem Patienten werbundener Rahmen oder eine Strahlungs-quelle zur Tunnerbehadlung ist.

quelle zur Tunnerbehadlung ist.

quelle zur Tunnerbehadlung ist.

quelle 154. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ab- 5 sprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Ob- jeit (1) eine Nivellierlative ätt.

19. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ab- sprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Ob- jeit (2) ein Geschlürzoht oder eine Richt- oder Radar- 10 durch gekennzeichnet, daß das Hilfsmittel ein Operati-

entenne ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zelchmurgen

2

8 × 8 ×

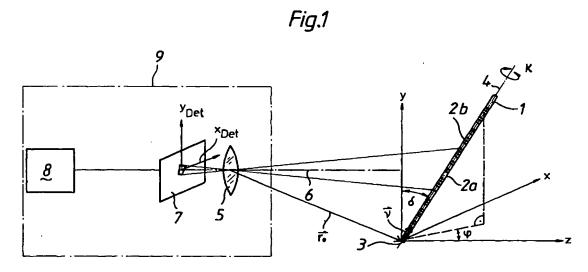
Ą

8

a

8

8



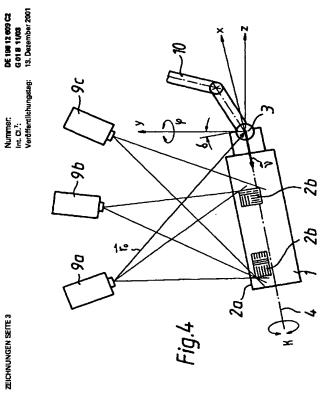
201 500/266

Nummer: DE 198 12 009 C2 Im. Cl.7: Q 018 11/03 Veröffertlichungstag: 13. Dozember 2001

Nummer: Im. Cl.<sup>7</sup>: Veröffertlichungstag:

Fig.2

DE 196 12 609 C2 G 01 B 11/03 13. Dezember 2001



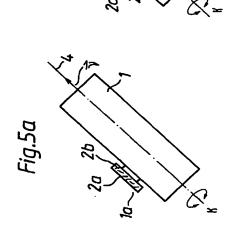
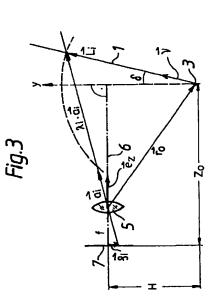


Fig.5b

₽ Ğ 762 S 5 x Det ď -6 o č



201 500/256

201 500/256